

変動騒音の心理的評価方法について

京都大学 正員、平松幸三、高木興一、山本剛夫

1. はじめに

騒音の評価尺度のうち、変動騒音については、TNI (Traffic Noise Index)¹⁾、NPL (Noise Pollution Level)²⁾、Leg³⁾、Lfl (fluctuation level)⁴⁾等が提案されている。これらの騒音はいずれもレベルの変動特性をとりいれて騒音を評価しようとしている。また、レベルの変動特性を考慮しない評価尺度として、Leg (等価騒音レベル) が用いられ、今後ISOでもこの尺度を基本的に用いようとする傾向にある⁵⁾。これらの尺度はいずれもレベルの変動特性を何らかの物理量で処理し、それが心理量に対応するように係数を決定したり、或いはエネルギー量と心理量とは比例すると実験的に認めたりして作られている。しかし、本来この種の評価尺度は、心理量の加算と平均化に基づいて定めるべきであると考え、筆者らは心理量の加算に基づく変動騒音の評価尺度を作製した。

2. 心理量の時間的加算性

音圧 p と心理量 ψ の間には、一般に次式で示されるべき法則が成立する⁶⁾

$$\psi = k_0 (p^2 / p_0^2)^\alpha \quad p_0: 20 \mu\text{Pa} \quad k_0, \alpha: \text{定数} \quad (1)$$

騒音のレベルが時々刻々変化すると、それとともに ψ も変化する。もし ψ を単純に加算することができるなら、そのように変動する騒音の全体の心理量 Ψ は

$$\Psi = \int_0^T \psi(t) dt \quad T: \text{継続時間} \quad (2)$$

となる。今、定常音の場合を考えると、 $p = p_0 = \text{一定}$ であるから、 $\psi = \psi_0 = \text{一定}$ である。

$$\therefore \Psi = \int_0^T \psi_0 dt = \psi_0 \cdot T \quad (3)$$

ところが定常音の継続時間を変えて、そのうらさを測定した実験の成績⁷⁾によると、

$$\Psi \propto T^\beta \quad \beta = 0.37 \quad (4)$$

であり、式(3)は実験成績と合わない。即ち、式(2)のような心理量の加算性は成立しない。

3. 継続時間の効果を考慮した心理量の加算に基づく変動騒音の評価法

心理量の加算法として、式(4)で示される継続時間の効果をも考慮した心理量の加算を考える。

今、心理量 ψ が図1のように時間的に変動しているとする。この時、ある心理量 ψ_i とそれよりわずかに大きい心理量 $\psi_i + d\psi$ との間に心理量が入る時間 T_i は $T_i = dt_1 + dt_2 + \dots + dt_n$ である。この T_i を心理量 ψ_i の継続時間とみなし、 $\psi_i \times T_i^\beta$ が ψ_i について加算されると考える。ただし、 T_i^β の総和は T^β とは異なるので、補正係数 A を導入する。この時、全体の心理量 Ψ は、

$$\Psi = A \sum \psi_i \times T_i^\beta \quad A = T^\beta / \sum T_i^\beta \quad (5)$$

また、 T_i/T は ψ の確率密度関数 $p(\psi)$ とみなす(得るから、

$$\Psi = T^\beta \int_0^\infty \psi p(\psi)^\beta d\psi / \int_0^\infty p(\psi)^\beta d\psi \quad (6)$$

ここで、

$$g(\psi) = p(\psi)^\beta / \int_0^\infty p(\psi)^\beta d\psi \quad (7)$$

とおくと、式(6)から、

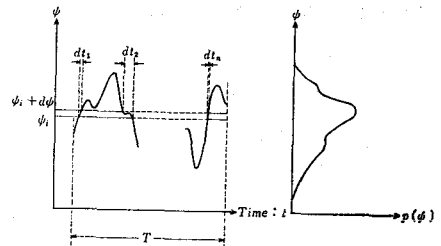


図1 心理量 ψ の時間的変動とその $p(\psi)$

$$\int_0^{\infty} g(\psi) d\psi = E[\psi] = \Psi/T^{\beta} \quad (8)$$

とあらわされる。即ち、 $g(\psi)$ は継続時間の効果を考慮した心理量の確率密度関数、また Ψ/T^{β} は ψ の期待値 $E[\psi]$ となる。 $E[\psi]$ は変動騒音と心理量が等価な定常騒音の心理量とみなし得る。この定常騒音のレベルは実効騒音レベル (Effective Sound Level; ESL) と呼ばれ、 $E[\psi]$ とは次のような関係にある。

$$ESL = (10/\alpha) \log E[\psi] \quad (9)$$

さらに、 $E[\psi]$ は騒音レベル LA (dBA) の確率密度関数 $f(LA)$ が知られると、次式で求めることができる。

$$E[\psi] = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} \exp\left\{\left(\frac{10}{\alpha}\right) \log 10 \cdot (2-\beta) \cdot LA\right\} f(LA)^{\beta} dLA}{\int_{-\infty}^{\infty} \exp\left\{\left(\frac{10}{\alpha}\right) \log 10 \cdot (1-\beta) \cdot LA\right\} f(LA)^{\beta} dLA} \quad (10)$$

4. 聴取実験による評価尺度の検討

騒音のレベルの変動特性等の各種の要因を変えた刺激音を作製して、うるささの測定を行なつた^{8)~10)}結果、レベルの変動特性によっては、うるさは着明には変化しないことが明らかとなった。従つて、変動特性を考慮した評価尺度である TNI , NPL , Leg , Lfe 等は、うるささと対応しないことが知られた。 Leg は全体的にうるささとよく対応したが、バックグラウンドレベルの継続する時間に比して、ごく短時間だけ高レベルの発生するような音のうるさは、 Leg においては予測できなかった。上記の心理量の加算による ESL の予測方法によれば、その種の刺激音のうるさともよく予測できた。¹¹⁾ 図2には、 $\alpha=0.33$, $\beta=0.37$ とした時の ESL の計算値 (ESL_{cal}) と ESL の実測値 (ESL_{ob}) とを比較した。図中の実線は、 $ESL_{ob} = ESL_{cal}$ の関係を、点線は回帰直線を示している。図から、 ESL の計算方法によつて、うるささがよく予測できることが知られる。 ESL_{cal} も Leg も $f(LA)$ によつて定められ、通常我が国が聴く騒音の $f(LA)$ に対しては、両者はほぼ近い値になる。従つて、 Leg に対して ESL_{ob} をプロットしても、図2と同様な図が得られる。これは、 Leg においても ESL_{ob} が比較的良好に予測されることを示すが、 Leg の背景となる「等エネルギー仮説」が成立することを意味するものではない。

文献

- 1) I. D. Griffiths et al.: J. Sound Vib., 8(4) (1968)
- 2) D. W. Robinson: NPL Aero Rep. Ac. 38 (1969)
- 3) J. L. Muller: J. Sound Vib., 19(1971)
- 4) O. Bennehult et al.: D12 Sw. Council Buil. Res. (1977)
- 5) 西宮: 音響学会誌, 34(2) (1978)
- 6) S. S. Stevens: Psychophysics, John Wiley (1975)
- 7) 平松他: 音響学会誌, 32(2) (1976)
- 8) 平松他: 日本公衛誌, 25(5) (1978)
- 9) 平松他: 音響学会誌, 34(7) (1978)
- 10) 平松他: 音響学会誌, 34(11) (1978)
- 11) 平松他: 音響学会誌, 34(11) (1978)

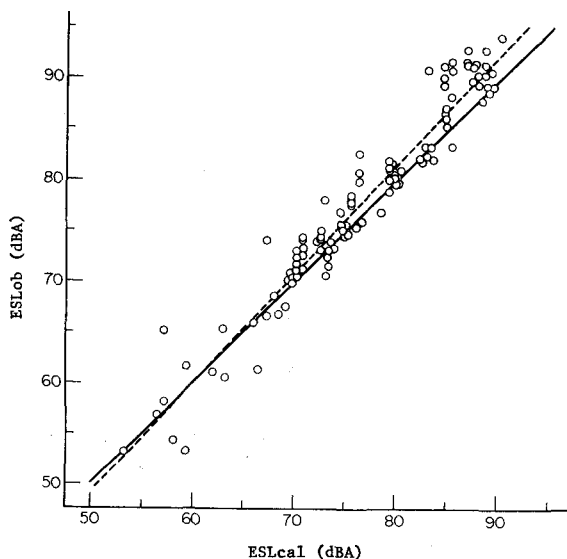


図2 ESL_{ob} vs ESL_{cal} ($\alpha=0.33$, $\beta=0.37$)